

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-111493

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

H 0 5 H 1/46

H 0 5 H 1/46

A

B

H 0 1 L 21/205  
21/3065

H 0 1 L 21/205  
21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-264630

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月29日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 松本 直樹

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

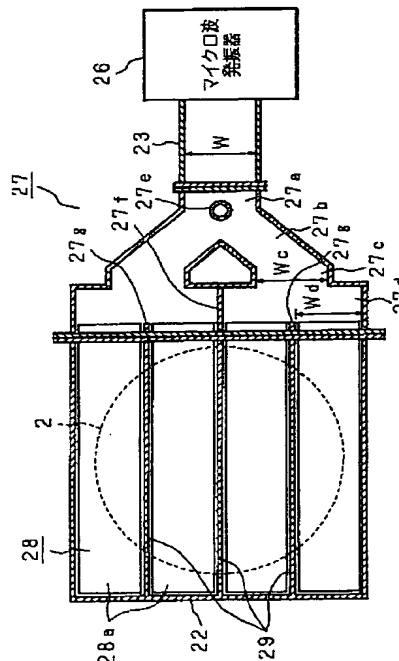
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 大面積の均一処理が可能なプラズマ処理装置を提供すること。

【解決手段】 マイクロ波分配器27は、導波管23と略同じ幅の導入部27aと、2股に分岐しており、夫々が斜めに延びる分岐部27bと、分岐部27bの各先端からマイクロ波進行方向に平行延びる平行部27cと、誘電体線路28と略同じ幅の分割部27dとを有する。導入部27aと分岐部27bとの境界部中央(分岐点)にはスタブ27eが設けられている。分割部27dは、マイクロ波進行方向に延びる仕切り板27f、27g、27gにて4つに均等に仕切られている。マイクロ波分配器27の各部は、 $n \cdot \lambda/4$  ( $n$ :正の整数)の長さであり、共振器構造をなす。3枚の仕切り板29で仕切られた領域には、誘電体線路28を構成するフッ素樹脂製の4枚の矩形板28a、28a、28a、28aが嵌合されている。導波管23の幅Wと平行部27cの幅Wcと分割された各領域の幅Wdとは、略等しいことが望ましい。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マイクロ波導波管を介して、マイクロ波進行方向に延びる板状の誘電体線路へ導入されたマイクロ波によって電界が生成され、該電界を使用してプラズマを発生させ、被処理物に処理を施すプラズマ処理装置において、前記マイクロ波導波管と前記誘電体線路との間に設けられており、複数の分岐路を有するマイクロ波分配器を備え、前記誘電体線路は、前記分岐路の先端から延びる複数の矩形板で構成されており、該複数の矩形板の間は導電体板で仕切られていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】 前記分岐路及び前記矩形板の幅は、前記マイクロ波導波管の幅と実質的に等しいことを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】 前記マイクロ波分配器の形状は、前記マイクロ波進行方向に延びる線に関して対称であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】 前記マイクロ波分配器の基端部から、各分岐路の先端までの距離は、実質的に等しくなしてあることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】 前記マイクロ波分配器の分岐点には位相調整部材が設けられていることを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマを使用してエッチング、アッシング、CVD等の処理を行うプラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】反応ガスに外部からエネルギーを与えた際に発生するプラズマはLSI、LCDの製造におけるエッチング、アッシング、CVD等の処理において広く用いられている。特にプラズマを用いたドライエッチング技術は必要不可欠な基本技術となっている。

【0003】一般にプラズマを発生させるための励起手段としては、2.45GHzのマイクロ波を用いる場合と、13.56GHzのRF(Radio Frequency)を用いる場合とがある。マイクロ波を用いた場合は、RFを用いた場合よりも高密度のプラズマが得られる、プラズマ発生のために電極を必要としないためにコンタミネーションを防止することができる、等の利点がある。しかしながら比較的広面積の領域に均一な密度でプラズマを発生させることは困難であるという欠点を有するために、大径の半導体基板、又はLCD用のガラス基板の処理を行うには、この点を克服する必要がある。

【0004】そこで例えば本出願人が特開昭62-5600号公報にて提案している、誘電体線路を利用したプラズマ処理装置が知られている。この装置は、反応室の上壁をマイクロ波の透過が可能な耐熱性板で封止し、その上方

にマイクロ波を導入するための誘電体線路を設けた構成を有し、広面積に均一にマイクロ波プラズマを発生させることが可能である。

【0005】図4はこのプラズマ処理装置を示す模式的断面図であり、図5は模式的横断面図である。図中1は、A1等の金属からなる円筒状の反応容器であり、その内部に反応室2を構成している。反応室2の上部は、耐熱性及びマイクロ波透過性を有しており、しかも誘電損失が小さい石英ガラス(SiO<sub>2</sub>)、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、窒化アルミニウム(AlN)等の誘電体板からなるマイクロ波導入窓4にて、気密状態に封止されている。反応室2内には、マイクロ波導入窓4と対向する位置に、被処理物である、例えば半導体基板Sを載置するためのステージ7が配設されており、ステージ7にはマッチングボックス8を介して高周波電源9が接続されている。また反応容器1の底壁には図示しない排気装置に接続される排気口6が形成されており、また反応容器1の側壁には、反応室2へ所要の反応ガスを導入するためのガス導入口5が形成されている。

【0006】マイクロ波導入窓4の上方には、所定間隔(エアギャップ20)を隔てて、図5に示す如き平面形状を有する誘電体線路21が設けられており、その周囲は金属板22にて囲われている。誘電体線路21の側方にはマイクロ波導波管23が連結されており、その先端にはマイクロ波発振器26が取り付けられている。誘電体線路21は、マイクロ波導波管23に挿入された導入部211と、マイクロ波導入窓4の上方に位置し、反応室2の平面形状を覆い得る大きさの矩形部213と、マイクロ波の進行方向に関して対称なテーパ形状を有して矩形部213と導入部211とを結ぶテーパ部212とを有する。

【0007】このように構成されたプラズマ処理装置にて、被処理物である、例えば半導体基板Sの表面にエッチング処理を施す場合、先ず排気口6から排気を行って反応室2内を所要の真空度、圧力に設定した後、ガス供給管5から反応ガスを供給する。次いでマイクロ波発振器26においてマイクロ波を発振させ、導波管23を介して誘電体線路21へ導入する。導入部211から導入されたマイクロ波は、テーパ部212を伝搬し、さらに矩形部213内で拡がる。

【0008】このときマイクロ波はその進行方向へ伝搬すると共に、矩形部213の両縁部を囲う金属板22で反射され、誘電体線路21(矩形部213)内に定在波を形成する。このようにマイクロ波が誘電体線路21を往復して伝搬する間に、誘電体線路21の下方に漏れ電界が形成され、この漏れ電界が、下面垂直方向に指数関数的に減衰しながら、マイクロ波導入窓4を透過して反応室2内へ導かれる。この電界によって反応室2でプラズマが生成されると、そのエネルギーによって反応ガスがイオン、ラジカル等の活性ガスに変化し、この活性ガスによりステージ7上の半導体基板Sの表面に例えばエッチング等の

処理が施される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】エッチング、アッシング等の処理を被処理物Sに対して均一に行うには、反応室2内に均一にプラズマが生成されることが必要であり、そのためにはマイクロ波の進行方向において強度が均一な単一モードの電界をプラズマ発生領域に形成する必要がある。しかしながら、その縁部がテーパ形状をなすテーパ部212を有する誘電体線路21を使用した場合は、以下に述べるような問題点がある。

【0010】一般に、導波管23の幅は、反応室2の平面視における直径よりも小さいために、導波管23の幅に対応する導入部211と、反応室2の直径に対応する矩形部213との間の従来の整合部（テーパ部212）は、図5に示す如く両縁部がテーパ状をなしている。このテーパ角 $\theta$ は、マイクロ波の伝搬モードに影響を及ぼすため、装置の小型化を図るために、テーパ角 $\theta$ を単純に大きくしてテーパ部212を短くし、被処理物Sに対する処理速度の面内均一性が悪化することがある。

【0011】この原理について述べる。マイクロ波発振器26において発振されたマイクロ波は、マイクロ波伝搬形態の基本モードであるTE<sub>10</sub>モードでマイクロ波導波管23を伝搬し、誘電体線路21の導入部211を経てテーパ部212を伝搬する間に、矩形部213での伝搬モードが決定される。ここでテーパ部212のテーパを急峻にした（テーパ角 $\theta$ を大きくした）場合は、基本モードであるTE<sub>10</sub>モードのマイクロ波が減衰し、複数の高次モード（TE<sub>30</sub>モード、TE<sub>50</sub>モード等）が発生する。高次モード（TE<sub>30</sub>モード又はTE<sub>50</sub>モード）におけるマイクロ波の伝搬形態は、基本モード（TE<sub>10</sub>モード）のそれとは異なる位相を有するので、誘電体線路21における実際の伝搬モードは、複数のモードが重ね合わされたものとなる。

【0012】高次モードを含む複数モードが重ね合わされた場合、マイクロ波は均一に伝搬されず、誘電体線路21から漏洩する電界の強度分布も不均一になる。プラズマの生成には矩形部213で生成された電界の強度分布が直接影響するため、これが不均一である場合は反応室2内で発生するプラズマも不均一になるという問題がある。従って装置の小型化のために、テーパを急峻にするという単純な方法でテーパ部212を短くすることは、処理の不均一を招来するのである。

【0013】本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであり、マイクロ波分配器で分配されたマイクロ波を誘電体線路へ伝搬させる構成とすることにより、大型化することなく、大面積の均一処理が可能なプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、マイクロ波導波管を介して、マイクロ波進行方向に延び

る板状の誘電体線路へ導入されたマイクロ波によって電界が生成され、該電界を使用してプラズマを発生させ、被処理物に処理を施すプラズマ処理装置において、前記マイクロ波導波管と前記誘電体線路との間に設けられており、複数の分岐路を有するマイクロ波分配器を備え、前記誘電体線路は、前記分岐路の先端から延びる複数の矩形板で構成されており、該複数の矩形板の間は導電体板で仕切られていることを特徴とする。

【0015】マイクロ波分配器において、基本モードのマイクロ波が各分岐路を伝搬し、誘電体線路を構成する複数の矩形板へ導かれる。従ってマイクロ波発振源の数を増やすことなく、誘電体線路を構成する複数の矩形板から同位相の電界を供給することができる。また各矩形板間は導電体板で仕切られているので、各矩形板を伝搬するマイクロ波が互いに干渉することを防止することができる。

【0016】請求項2記載の発明は、請求項1において、前記分岐路及び前記矩形板の幅は、前記マイクロ波導波管の幅と実質的に等しいことを特徴とする。

【0017】幅が異なるために必要な整合部を設ける必要がなく、誘電体線路を構成する各矩形板で略基本モードのマイクロ波のみが伝搬される。高次モードのマイクロ波の生成が抑制されることにより、マイクロ波は均一に伝搬され、誘電体線路からマイクロ波が異常放射されることなく均一な強度分布を有する電界が漏洩する。従って反応室内で均一で安定なプラズマが生成、維持され、大面積でも均一処理が可能となる。

【0018】請求項3記載の発明は、請求項1又は2において、前記マイクロ波分配器の形状は、前記マイクロ波進行方向に延びる線に関して対称であることを特徴とする。

【0019】これにより形状が等しい複数の分岐路を形成することができる。

【0020】請求項4記載の発明は、請求項1、2又は3において、前記マイクロ波分配器の基端部から、各分岐路の先端までの距離は、実質的に等しくなしてあることを特徴とする。

【0021】これにより、マイクロ波は、同位相、同電力で誘電体線路の各矩形板へ配分されるので、各矩形板から等しい電界が生成され得る。

【0022】請求項5記載の発明は、請求項1、2、3又は4において、前記マイクロ波分配器の分岐点には位相調整部材が設けられていることを特徴とする。

【0023】分岐時に位相がずれることを抑制することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。図1は、本発明に係るプラズマ処理装置を示す模式的断面図であり、図2はその模式的横断面図である。図中1は、A1等の金属

からなる円筒状の反応容器であり、その内部に反応室2を構成している。反応室2の上部は、マイクロ波導入窓4にて気密状態に封止されている。マイクロ波導入窓4は、耐熱性及びマイクロ波透過性を有しており、しかも誘電損失が小さい石英ガラス( $\text{SiO}_2$ )、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、窒化アルミニウム( $\text{AlN}$ )等の誘電体板からなる。反応容器1とマイクロ波導入窓4との間の気密性保持にはOリング(図示せず)を用いている。反応室2内には、マイクロ波導入窓4と対向する位置に、被処理物である、例えば半導体基板Sを載置するためのステージ7が配設されており、ステージ7にはマッチングボックス8を介して高周波電源9が接続されている。また反応容器1の底壁には図示しない排気装置に接続される排気口6が形成されており、また反応容器1の一側壁には、反応室2へ所要の反応ガスを導入するためのガス導入口5が形成されている。

【0025】マイクロ波導入窓4の上方には、所定間隔(エアギャップ20)を隔てて、図2に示す如き平面形状を有する誘電体線路28が設けられており、その周囲は金属板22にて囲われてい

る。誘電体線路28の側方には、A1等の金属で形成されたマイクロ波分配器27を介してマイクロ波導波管23(マイクロ波管内波長 $\lambda_g$ )が連結されており、その先端にはマイクロ波発振器26(波長 $\lambda$ )が取り付けられている。

【0026】図3はマイクロ波分配器27の平面形状(横断面)を示す模式図である。マイクロ波分配器27は、導波管23(幅 $W=96\text{mm}$ )と略同じ幅の導入部27aと、2股に分岐しており、夫々が斜めに延びる分岐部27bと、分岐部27bの各先端からマイクロ波進行方向に平行延びる平行部27cと、誘電体線路28と略同じ幅の分割部27dとを有する。導入部27aと分岐部27bとの境界部中央(分岐点)にはスタブ27eが設けられている。分割部27dは、マイクロ波進行方向に延びる仕切り板27fにて幅方向の中央が仕切られており、平行部27cと分割部27dとの境界から $2 \cdot \lambda_g / 4$ の位置から、誘電体線路28側の端部までは、さらに仕切り板27q、27qで半幅となるように仕切られている。

【0027】マイクロ波分配器27の各部は、マイクロ波を効率良く導入することができるように、マイクロ波進行方向において $n \cdot \lambda_g / 4$ ( $n$ :正の整数)の長さになしてあり、共振器構造をなす。導入部27aの長さは $\lambda_g / 4$ であり、分岐部27bの長さは $3 \cdot \lambda_g / 4$ であり、平行部27cの長さは $\lambda_g / 4$ であり、分割部27dの長さは $2 \cdot \lambda_g / 4$ より仕切り板27q、27qの長さ分だけ長い。

【0028】誘電体線路27の設置領域は、マイクロ波進行方向に延びる3枚の仕切り板29にて、マイクロ波進行方向に垂直な幅を4つに分割されている。3枚の仕切り板29の取り付け位置は、仕切り板27f、27q、27qと合わせてある。4つに均等分割された各領域には、誘電体

線路28を構成する、例えばテフロン(登録商標)のようなフッ素樹脂製の4枚の矩形板28a、28a、28a、28aが嵌合されている。そして導波管23の幅 $W$ と、平行部27cの幅 $W_c$ と、分割された各領域の幅 $W_d$ とは、略等しいことが望ましい。

【0029】以上の如く構成された本発明装置における動作について説明する。被処理物である、例えば半導体基板Sの表面にエッチング処理を施す場合、先ず排気口6から排気を行って反応室2内を所要の真空度、圧力に設定した後、ガス供給管5から反応ガスを供給する。次いでマイクロ波発振器26においてマイクロ波(波長 $\lambda$ )を発振させ、導波管23を介してマイクロ波分配器27へ導入する。

【0030】先ず導入部27aへ導入されたマイクロ波は、分岐部27bとの境界部に設けられているスタブ27eにて位相が調整され、分岐部27bの2方向へ分岐して進行する。そして2本の直導波管である平行部27cを進行し、幅が $4W$ である分割部27dへ入る。マイクロ波分配器27は、マイクロ波進行方向に延びる線に関して対称であるので、いずれの領域へ導入されたマイクロ波も光路の形状及び長さが略同じである。従ってこれらマイクロ波は同位相、同電力である。

【0031】誘電体線路28に導入されたマイクロ波は、導波管23を伝搬する基本モード矩形TE10と同じである。従っていずれの領域においても高次モードの発生が抑制されており、マイクロ波は放射を起こすことなく均一に伝搬する。その結果、発生する表面波の電界は均一に分布し、下面垂直方向に指数関数的に減衰しながら、マイクロ波導入窓4を透過して反応室2内へ導かれる。この均一な電界によって反応室2で均一なプラズマが生成され、そのエネルギーによって反応ガスがイオン、ラジカル等の活性ガスに変化し、この活性ガスによりステージ7上の半導体基板Sの表面に、例えばエッチング等の処理が均一に施される。

【0032】なお図2、3では導波管23の幅 $W$ と、平行部27cの幅 $W_c$ と、分割された各領域の幅 $W_d$ とを略等しくしているが、これらが異なる場合は、縁部がテーパ状をなす整合部を適宜設ければよい。この場合、幅の拡がりは従来より小さいので、テーパ状の整合部を比較的短くすることが可能である。

【0033】またマイクロ波分配器27の形状を変えることによって所定数の分岐路を得ることができ、大面積の被処理物Sに対応した面積の誘電体線路28に均等にマイクロ波を分配することができる。逆に被処理物が小さい場合は、誘電体線路28の各矩形板28aの下方に、夫々対応した複数の反応室(又はステージ)を設け、1つの矩形板28aに対応する大きさの被処理物を、一度に複数枚処理する構成とすることができる。

【0034】

【実施例】上述したプラズマ処理装置の各サイズ、及び

処理条件を以下のように設定してエッチング処理を行っ\* \*た。

反応容器1（反応室2）内径：	340 mm
マイクロ波導入窓4	直径：440 mm
	厚み：20mm
マイクロ波導波管23	幅：96mm
マイクロ波分配器27	長さ：370 mm
誘電体線路28	長さ：400 mm
	幅：96mm
	厚み：20mm
発振波長	2.45GHz
反応ガス	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> /O <sub>2</sub>
被処理物S	直径：200 mm（8インチ、半導体基板）

【0035】その結果、反応室2内で均一なプラズマが発生し、大面積の半導体基板に対して均一に処理することができた。

【0036】

【発明の効果】以上のように本発明に係るプラズマ処理装置は、マイクロ波分配器において、基本モードのマイクロ波が各分岐路を伝搬し、誘電体線路の複数の矩形板へ導かれ、各矩形板で基本モードのマイクロ波のみが伝搬されるので、高次モードのマイクロ波の生成が抑制され、マイクロ波は均一に伝搬され、誘電体線路から均一な強度分布を有する電界が漏洩し、均一で安定なプラズマが生成、維持され、大面積でも均一処理が可能となる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。

【図2】本発明に係るプラズマ処理装置を示す模式的横断面図である。

※【図3】マイクロ波分配器を示す模式的横断面図である。

【図4】従来のプラズマ処理装置を示す模式的縦断面図である。

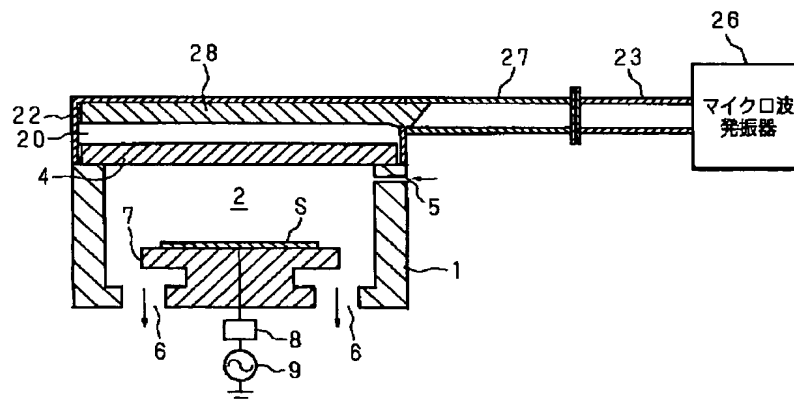
【図5】従来のプラズマ処理装置を示す模式的横断面図である。

【符号の説明】

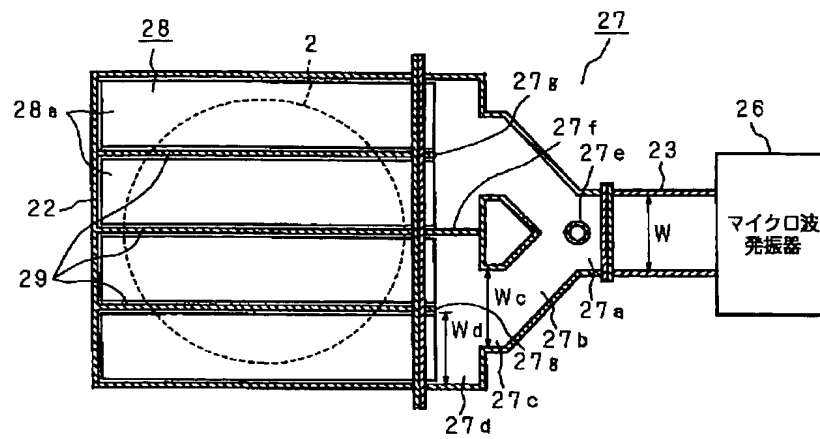
- 20 23 マイクロ波導波管
- 27 マイクロ波分配器
- 27a 導入部
- 27b 分岐部
- 27c 平行部
- 27d 分割部
- 27e スタブ
- 28 誘電体線路
- 28a 矩形板
- S 被処理物

※30

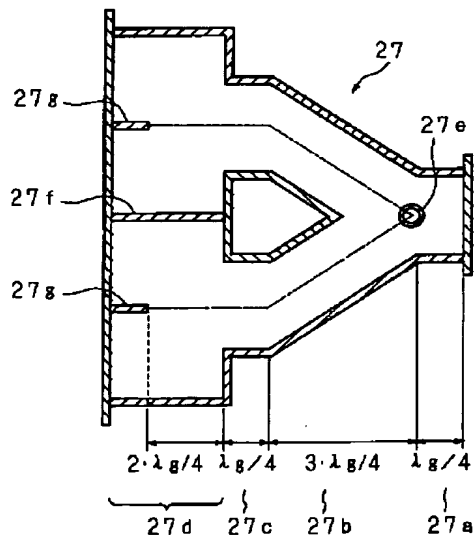
【図1】



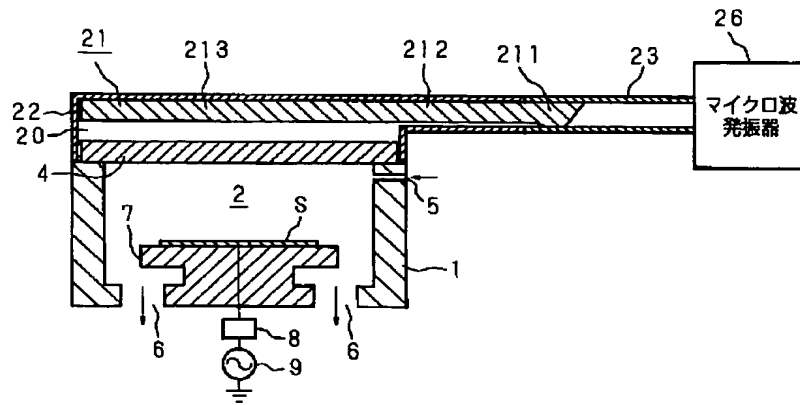
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

